

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : **2 567 052**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 10142**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : B 22 C 67/14, 45/14; B 22 D 19/08 // F 02 C  
7/00; B 29 K (73:00, 105:14); B 29 L (31:08).

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

(22) Date de dépôt : 3 juillet 1985.

(30) Priorité : GB, 7 juillet 1984, n° 8417418.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 2 du 10 janvier 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : *ROLLS-ROYCE LIMITED.* — GB.

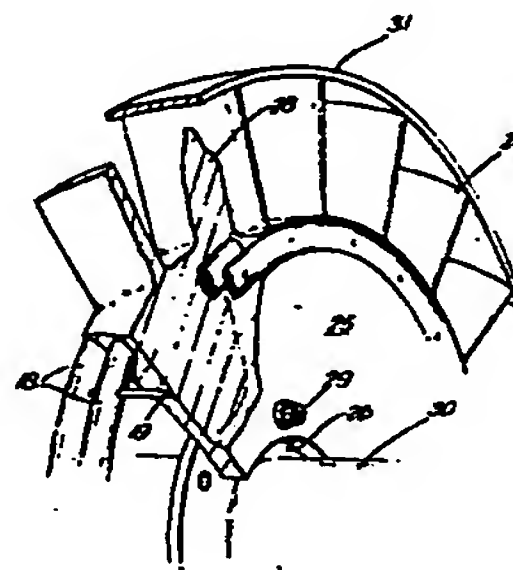
(72) Inventeur(s) : James Pears Angus.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet de propriété industrielle CAPRI.

(54) Eléments à aubes d'une seule pièce.

(57) Procédé de fabrication d'un disque à aubes à partir d'un  
matériau composite renforcé par une fibre qui comprend l'in-  
jection d'un mélange de fibres courtes et d'un matériau de  
matrice dans un moule divisible dont la configuration est telle  
qu'il définit la forme d'un disque 25 ayant des aubes aérodyna-  
miquement profilées 27 intégrant s'étendant radialement. Le  
mélange est injecté dans le moule en un endroit tel que les  
fibres courtes à l'intérieur des parties définissant les aubes  
aérodynamiquement profilées du moule sont orientées radiale-  
ment. Le moule contient deux bagues-supports 18 qui sont  
disposées coaxialement à l'intérieur du disque à aubes après le  
moulage par injection de façon à fournir un support radial pour  
les aubes aérodynamiquement profilées 27 du disque à aubes  
ainsi formé. Le procédé peut être modifié pour munir le disque  
à aubes d'un anneau de renforcement intégrant 31.



FR 2 567 052 - A1

D

La présente invention concerne un élément à aubes d'une seule pièce et un procédé de fabrication d'un tel élément à aubes d'une seule pièce.

Il est connu de fabriquer des disques avec des aubes aérodynamiquement profilées intégrantes, par exemple ceux qui sont adaptés pour être utilisés dans un compresseur à flux axial d'un moteur à turbine à gaz, en injectant un matériau de matrice à base d'une résine appropriée dans un moule contenant des fibres de renforcement qui ont été orientées d'une façon prédéterminée. On rencontre des problèmes avec de tels procédés de fabrication, cependant, pour s'assurer que les fibres restent dans la configuration désirée pendant l'opération d'injection. De plus, il est difficile de s'assurer que toutes les fibres sont disposées de façon telle qu'elles fournissent au disque à aubes des caractéristiques optimales de résistance. Un autre inconvénient du procédé est qu'il peut être coûteux dans la mesure où les fibres de renforcement doivent habituellement être appliquées à la main.

Un des objets de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une

seule pièce à partir d'un matériau composite qui est bon marché et qui conduit à l'obtention d'éléments à aubes d'une seule pièce ayant de bonnes caractéristiques de résistance.

5 Les disques ayant des aubes aérodynamiquement profilées intégrantes présentent également des inconvénients résultant des forces centrifuges qui sont appliquées sur les aubes aérodynamiquement profilées pendant la rotation du disque. Ainsi, il est difficile de s'assurer que le  
10 renforcement par fibres du disque à aubes est tel que les aubes aérodynamiquement profilées ont un support approprié contre les forces centrifuges.

Un autre but de la présente invention est de proposer un élément à aubes d'une seule pièce dans lequel les  
15 aubes aérodynamiquement profilées ont un support adéquat pour résister aux forces centrifuges appliquées sur elles dans le cas de la rotation de l'élément.

Selon la présente invention, un procédé de fabrication d'un élément à aubes comprenant un disque, ayant une  
20 pluralité d'aubes aérodynamiquement profilées intégrantes s'étendant radialement sur sa périphérie et une ouverture centrale à partir d'un matériau composite armé de fibres, comprend l'injection d'un mélange de fibres courtes et d'un matériau de matrice dans un moule divisible d'une  
25 configuration telle qu'il définisse la forme d'un disque ayant une ouverture centrale et des aubes aérodynamiquement profilées intégrantes s'étendant radialement sur sa périphérie, ledit mélange étant injecté dans ledit moule en un endroit tel que lesdites fibres courtes dudit  
30 mélange qui entre dans les portions dudit moule définissant les aubes aérodynamiquement profilées dudit élément à aubes s'orientent généralement radialement durant ladite phase d'injection du moulage, ledit moule comprenant au moins un élément annulaire de support avant ladite phase  
35 d'injection de moulage qui est positionné dans ledit moule de façon à être disposé coaxialement à l'intérieur

du disque à aubes moulé par ladite phase de moulage par injection et situé le long des parties radialement intérieures des aubes aérodynamiquement profilées intégrantes ainsi moulées pour fournir un tel support, et ensuite, l'ouverture  
5 re dudit moule pour libérer le disque à aubes ainsi moulé.

Selon un autre aspect de la présente invention, un élément à aubes annulaire comprenant un disque ayant une pluralité d'aubes aérodynamiquement profilées intégrantes s'étendant radialement sur sa périphérie et une ouverture  
10 centrale est fabriqué à partir d'un matériau de matrice ayant des fibres courtes de renforcement dispersées à l'intérieur, lesdites fibres courtes de renforcement étant généralement orientées radialement, au moins à l'intérieur desdites aubes aérodynamiquement profilées, ledit élément  
15 ayant au moins une bague-support disposée coaxialement à l'intérieur de façon telle qu'elle soit adjacente à la partie radialement intérieure desdites aubes aérodynamiquement profilées pour fournir un tel support.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaissent au cours de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif en regard des dessins ci-joints et qui fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée sur les dessins :

La Figure 1 est une vue d'une partie du moule divisible  
25 destiné à être utilisé dans le procédé de la présente invention.

La Figure 2 est une vue de la partie du moule représentée sur la Figure 1 contenant deux bagues-support.

La Figure 3 est une vue du moule complet destiné à  
30 être utilisé dans le procédé de la présente invention.

La Figure 4 est une vue en coupe de côté de l'appareil de moulage par injection remplissant le moule représenté sur la Figure 3.

La Figure 5 est une vue d'un disque à aubes réalisé  
35 selon la présente invention.

La Figure 6 est une vue partiellement en coupe d'une

partie du disque à aubes représenté sur la Figure 5.

La Figure 7 est une vue partiellement en coupe d'une autre forme de disque à aubes réalisé selon la présente invention.

5           En référence à la Figure 1 des dessins, une partie  
10 d'un moule divisible 11 -représenté complètement sur la Figure 3- comprend une partie en forme de disque 12 sur laquelle un réseau annulaire de pièces d'insertion 13 est positionné. Les pièces d'insertion 13 sont espacées  
10           circonférenciellement et dans une configuration telle que leur surfaces adjacentes 14 coopèrent pour définir les flancs d'un réseau annulaire d'aubes aérodynamiquement profilées s'étendant radialement et espacées circonférenciellement. Une frette 15 s'étend autour des parties radialement  
15           extérieures des pièces d'insertion 13. Une pluralité d'ouvertures 16 est prévue dans la frette 15, chaque ouverture 16 étant alignée avec chaque espace entre les pièces d'insertion 13. La partie 12 en forme de disque est de plus munie d'une pièce d'insertion cylindrique 17 en son centre dans  
20           le but de définir un trou central dans le disque à aubes à produire.

          Deux bagues-supports enroulées 18 sont placées dans la partie 10 du moule, comme représenté sur la Figure 2. Les bagues-supports 18 sont positionnées de façon à être  
25           coaxiales avec la pièces d'insertion cylindrique 17 et sont maintenues espacées l'une de l'autre axialement ainsi qu'avec la partie de moule 10 par une pluralité d'épingles 19 qui sont situées dans des ouvertures appropriées prévues à l'intérieur des bagues 18. Les bagues-supports 18 sont  
30           fabriquées à partir de fibres de carbone enduites d'une résine époxy qui ont été enroulées autour d'un noyau de moule à la forme appropriée, séparées de ce noyau, puis cuites.

          Le moule 11 est alors fermé en plaçant la partie  
35           restante du moule 20 sur la première partie du moule 10

## 5.

sur laquelle les deux sont attachées l'une à l'autre par une pluralité d'écrous et boulons 21, comme on peut le voir sur la Figure 3. Ainsi, l'intérieur du moule 11 définit la configuration d'un disque ayant une pluralité d'aubes aérodynamiquement profilées intégrantes s'étendant radialement.

Le moule complet 11 est alors placé dans une machine à injection de moulage 22 comme représenté sur la Figure 4 et un mélange de courtes fibres de carbone découpées et de résine polyétherethercetone est injecté à l'intérieur du moule 11 par une ouverture centrale 23 prévu dans la deuxième partie 20 du moule. Une pluralité d'ouvertures 23 sont prévues dans la surface périphérique de la deuxième partie 20 du moule qui sont alignées avec les ouvertures 16 dans la frette 15, de façon à faciliter le départ de l'air depuis l'intérieur du moule 11 pendant l'opération de moulage par injection.

Quand l'opération de moulage par injection est achevée, le moule rempli 11 est sorti de la machine 22 de moulage par injection et divisé pour permettre la sortie du disque à aubes 24 ainsi produit comme représenté sur la Figure 5.

Comme on peut le voir sur la Figure 5, le disque à aubes 24 comprend un disque central 25 ayant un trou circulaire 26 en son centre qui a été défini par la pièce d'insertion de moule 17. Une pluralité d'aubes aérodynamiquement profilées 27 espacées les unes des autres circonférenciellement et qui font partie intégrante du disque 25 s'étendent radialement depuis le disque 25. La structure interne du disque à aubes 24 peut être vue plus clairement sur la Figure 6. On verra à partir de la Figure 6 que les courtes fibres de carbone 28 découpées à l'intérieur des aubes aérodynamiquement profilées 27 sont dispersées à l'intérieur du matériau de matrice en résine polyétherethercetone et sont généralement orientées radialement, ce qui est le résultat de l'étranglement à l'écoulement du mélange de



résine et de fibres de carbone découpées injectées provo-  
qué par les pièces d'insertion 13. Cette orientation est  
optimale pour le transfert des forces centrifuges appliquées sur les  
aubes aérodynamiquement profilées 27 sur les deux bagues-  
5 supports 18 qui sont enfermées à l'intérieur du disque 25  
et positionnées adjacentes aux parties radialement inté-  
rieures des aubes aérodynamiquement profilées 27. On s'aper-  
cevra par conséquent que les bagues-supports 18 supportent  
la majorité des forces centrifuges appliquées sur les aubes  
10 aérodynamiquement profilées 27 pendant la rotation du dis-  
que 25, améliorant ainsi considérablement l'intégrité struc-  
turelle du rotor à aubes 24. On s'apercevra que, bien que  
l'exemple ici décrit est muni de deux bagues-supports 18  
il peut être souhaitable dans certaines conditions de prévoir  
15 seulement une bague-support ou bien plus de deux bagues.  
De plus, bien que les bagues-supports 18 décrites sont fa-  
briquées à partir de carbone enroulé qui ont été enduites  
d'une résine époxy, des matériaux de substitution peuvent  
être utilisés dans leur construction si on le désire.  
20 Ainsi, les fibres de carbure silicone, d'acier ou d'alu-  
mine pourraient être noyées dans un matériau de matrice à  
base de résine polyimide, d'aluminium ou d'alliage d'alumi-  
nium ou de magnésium ou d'alliage de magnésium, ou de tita-  
ne ou d'alliage de titane.  
25 On s'apercevra également que le mélange utilisé  
pour mouler le disque à aubes 24 par injection n'est pas  
nécessairement limité à des fibres de carbone découpées  
dans un matériau de matrice à base de résine polyétheré-  
thercétone. Ainsi, des fibres découpées d'un carbure sili-  
30 cone ou d'alumine peuvent être noyées dans une matrice de  
résine époxy, de résine polyimide, d'aluminium ou d'alliage  
d'aluminium ou de magnésium ou d'alliage de magnésium, ou  
de titane ou d'alliage de titane.  
35 Le disque 25 du rotor à aubes 24 est de plus muni  
de quatre trous 29 équidistants autour du trou central cir-

culaire 26 pour faciliter sa fixation par des boulons sur un arbre muni d'une bride 30 d'un moteur à turbine à gaz comme on peut le voir sur la Figure 6.

Il est envisagé que le procédé de la présente invention puisse être utilisé dans la fabrication de rotors à aubes 24 dont la configuration est telle qu'elle présente des caractéristiques rentrantes rendant difficile leur sortie du moule 11 après moulage. Dans de tels cas, les pièces d'insertion de moulage 13 pourraient être fabriquées à partir d'un alliage à bas point de fusion. L'alliage serait alors fondu avant la sortie du disque à aubes 24 à partir du moule 11. Si le disque à aubes 24 est fabriqué à partir de fibres de renforcement noyées dans la matrice en métal, un matériau de substitution adapté pourrait être utilisé pour fabriquer la pièce d'insertion 13 telle qu'un matériau contenant une céramique décomposable par l'eau.

Il peut se trouver que pour certaines configurations de disque à aubes 24, la présence des bagues-supports 18 sur le chemin du mélange de résine et de fibres découpées injectées qui entrent éventuellement dans les parties du moule définissant les aubes aérodynamiquement profilées 27 puisse nuire à la résistance des aubes. Ainsi, les bagues-supports 18 diviseront l'écoulement du mélange résine et de fibres découpées avant que le mélange n'entre dans les cavités des aubes dont le moule 11, lequel écoulement se recombinera à l'intérieur des cavités d'aubes créant ainsi ce qui est en fait un plan de soudure dans le mélange à l'intérieur de la cavité d'aubes. Ceci peut être évité si on le désire en injectant un mélange de fibres découpées et de résine dans l'intérieur du moule 11 à travers les ouvertures 23 et 16 à la place de la partie centrale 23.

Il est peut-être souhaitable dans certains cas de munir le disque à aubes 24 d'un anneau de renforcement intégrant 31, comme on peut le voir sur la Figure 7. Un tel anneau de renforcement 31 serait utile par exemple pour



fournir un support complémentaire aux aubes aérodynamiquement profilées 27 contre les forces centrifuges qui leur sont appliquées pendant la rotation du disque 25. Un tel anneau de renforcement 31 pourrait être prévu sur le disque à aubes 24 par le procédé décrit dans notre demande de brevet intitulée "Procédé de fabrication d'un disque à aubes ayant un anneau de renforcement intégrant" portant le numéro de demande NC 25/84. Ainsi, en munissant le disque à aubes 24 d'un anneau de renforcement intégrant 31, la frette 15 autour des pièces d'insertion 13 pourrait être remplacée par des fibres sèches enroulées qui seraient partiellement imprégnées d'un mélange de matériau de matrice à base de résine et de fibres découpées injectées. L'achèvement de l'imprégnation serait obtenu par l'injection d'un matériau de matrice à base de résine dans les fibres enroulées à travers les ouvertures 23 dans la partie 20 du moule.

Les fibres dans l'anneau de renforcement 31 pourraient être de carbone, de carbure silicone, d'acier ou d'alumine et le matériau de matrice injecté dans la fibre pourrait être une résine époxy, une résine polyétheréthércétone, une résine polyimide, de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, ou du magnésium ou un alliage de magnésium ou du titane ou un alliage de titane.

On verra ainsi que le procédé de la présente invention propose un procédé simple et peu coûteux pour fabriquer des rotors à aubes 24 résistants qui sont particulièrement bien adaptés à la production de masse de tels composants. Ceci étant, le procédé de la présente invention trouve une application particulièrement intéressante dans la fabrication de moteurs à turbines à gaz peu coûteux et petits, tels ceux qui sont destinés à propulser les véhicules non réutilisables.

Bien que la présente invention ait été décrite en référence à un rotor à aubes et à un procédé de fabrication d'un tel rotor à aubes, on se rendra compte qu'elle n'est

pas limitée à des éléments de rotors, mais pourrait être appliquée à des éléments de stators. Dans le cas d'un élément à aubes annulaire de stator , le disque supportant les aubes aérodynamiquement profilées aurait une ouverture  
5 de plus grand diamètre en son centre de façon à ce que le disque ouvert soit en fait un élément annulaire fournissant un support pour les parties radialement intérieures des aubes aérodynamiquement profilées.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un élément annulaire à aubes comprenant un disque ayant une pluralité d'aubes aérodynamiquement profilées s'étendant radialement et intégrant  
5 tégrantes sur sa périphérie et une ouverture centrale comprenant un matériau composite armé de fibres, caractérisé en ce que ledit procédé comprend l'injection d'un mélange de fibres courtes et d'un matériau de matrice dans un moule divisible (10) dont la configuration est telle  
10 qu'il définisse la forme d'un disque (25) ayant une ouverture centrale (26) et des aubes aérodynamiquement profilées intégrant (27) s'étendant radialement sur sa périphérie, ledit mélange étant injecté dans ledit moule (10) en un endroit tel que les courtes fibres dans ledit  
15 mélange entrent dans les parties dudit moule (10) définissant les aubes aérodynamiquement profilées (27) dudit élément à aubes (24), s'orientent généralement radialement durant ladite phase de moulage par injection, ledit moule (10) contenant au moins une bague-support (18) avant ladite  
20 phase d'injection de moulage qui est positionnée de façon telle dans ledit moule (10) qu'elle soit disposée coaxialement à l'intérieur du disque (25) moulé par ladite phase de moulage par injection et positionnée adjacente aux parties radialement intérieures des aubes aérodynamiquement  
25 profilées intégrant (27) ainsi moulées pour leur fournir un support, et ensuite l'ouverture dudit moule pour libérer l'élément à aubes (24) ainsi moulé.

2. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 1, caractérisé en ce  
30 que ledit moule (10) contient de plus une bague enroulée (31) de fibres sèches qui est disposée coaxialement à l'intérieur du moule (10) et qui est positionnée de façon à relier entre elles les parties radialement extérieures des parties dudit moule (10) définissant les aubes aérodyna-  
35 miquement profilées (27) dudit élément à aubes (24) dans lequel ladite bague (31) de fibres sèches est partielle-

ment imprégnée par ledit mélange de matériau de matrice et de fibres courtes pendant ladite phase de moulage par injection, ladite fibre enroulée restante qui n'a pas été imprégnée de cette façon étant ensuite imprégnée au cours d'une phase ultérieure d'injection de matériau de matrice.

3. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite fibre sèche enroulée (31) est en carbone, en acier, en carbure silicone ou en alumine.

4. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon les revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit matériau de matrice de ladite phase ultérieure d'injection est une résine époxy, un polyétheréthercétone, une résine polyimide, de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, ou du magnésium ou un alliage de magnésium, ou du titane ou un alliage de titane.

5. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite bague-support (18, 31) est fabriquée à partir d'un matériau enroulé.

6. Méthode de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce, selon la revendication 5, caractérisée en ce que les fibres dudit matériau enroulé sont de carbure silicone, d'acier, d'alumine, ou de carbone.

7. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit matériau enroulé a une matrice en résine époxy, en résine polyétheréthercétone, en résine polyimide, en aluminium ou alliage d'aluminium, en magnésium ou alliage de magnésium ou en titane ou alliage de titane.

8. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit matériau de matrice mélangé avec lesdites fibres courtes est une résine époxy,

une résine polyétheréthercétone, une résine polyimide, de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, ou du magnésium ou un alliage de magnésium, ou du titane ou un alliage de titane.

5           9. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites fibres courtes mélangées avec ledit matériau de matrice sont de carbone, de carbure silicone, ou d'alumine.

10           10. Procédé de fabrication d'un élément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites pièces d'insertion sont fabriquées à partir d'un alliage à bas point de fusion, ledit alliage étant fondu avant le re-  
15   trait du disque à aubes (24) ainsi produit dudit moule (10).

          11. Élément annulaire à aubes comprenant un disque ayant une pluralité d'aubes intégrantes aérodynamiquement profilées s'étendant radialement sur sa périphérie et une  
20   ouverture de contrôle fabriqué à partir d'un matériau de matrice ayant des fibres de renforcement dispersées à l'intérieur, caractérisé en ce que lesdites fibres de renforcement sont courtes et généralement radialement alignées, au moins à l'intérieur desdites aubes aérodynamiquement profilées (27), ledit élément à aubes (24) ayant  
25   au moins une bague-support (18) disposée coaxialement de façon telle à l'intérieur qu'elle soit adjacente aux parties radialement intérieures desdites aubes aérodynamiquement profilées pour leur fournir ainsi un support.

30           12. Élément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite bague-support (18) est fabriquée à partir d'un matériau enroulé.

          13. Élément à aubes d'une seule pièce selon les revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que les fibres  
35   dudit matériau enroulé sont en carbure silicone, en acier, alumine, ou carbone.

14. Elément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que ledit matériau enroulé a une matrice de résine époxy, de résine polyétheréthercétone, de résine polyimide, d'aluminium ou d'alliage d'aluminium, de magnésium ou d'alliage de magnésium, ou de titane ou d'alliage de titane.

15. Elément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que ledit matériau de matrice mélangé avec lesdites fibres courtes est une résine époxy, une résine polyétheréthercétone, une résine polyimide, de l'aluminium ou en alliage d'aluminium, de magnésium ou un alliage de magnésium, ou du titane ou un alliage de titane.

16. Elément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que lesdites fibres courtes mélangées avec ledit matériau de matrice sont de carbone, de carbure silicone, ou d'alumine.

17. Elément à aubes d'une seule pièce selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, caractérisé en ce que les parties radialement extérieures desdites aubes aérodynamiquement profilées (27) sont reliées entre elles par un anneau de renforcement (31) intégrant.

18. Elément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 17, caractérisé en ce que ledit anneau de renforcement (31) comprend une fibre continue dans un matériau de matrice.

19. Elément à aubes d'une seule pièce selon la revendication 18, caractérisé en ce que ladite fibre est de carbone, de carbure silicone, d'acier ou d'alumine.

20. Elément à aubes d'une seule pièce selon les revendications 18 ou 19, caractérisé en ce que ledit matériau de matrice est une résine époxy, une résine polyimide, une résine polyétheréthercétone, de l'aluminium ou un alliage d'aluminium, ou du magnésium, ou un alliage de magnésium, ou du titane ou un alliage de titane.



PL. I/3

Fig. 1.

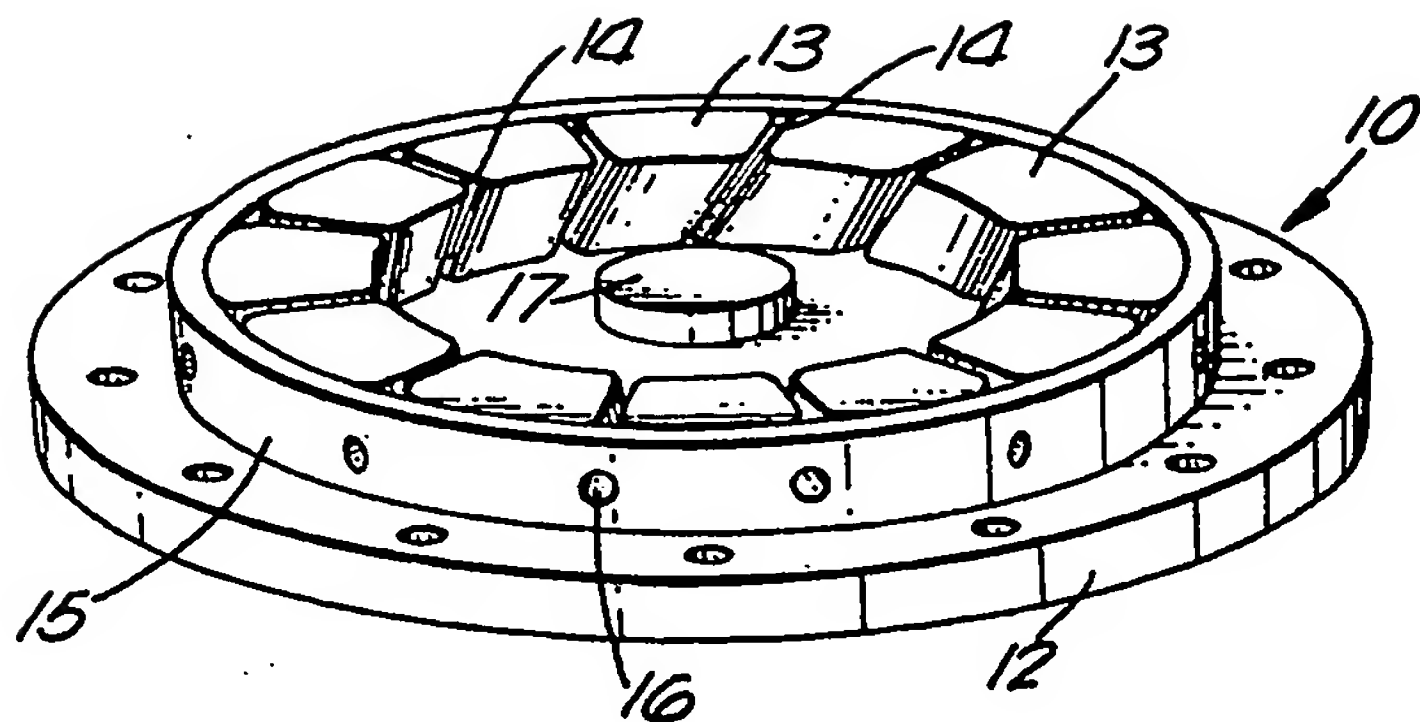


Fig. 2.

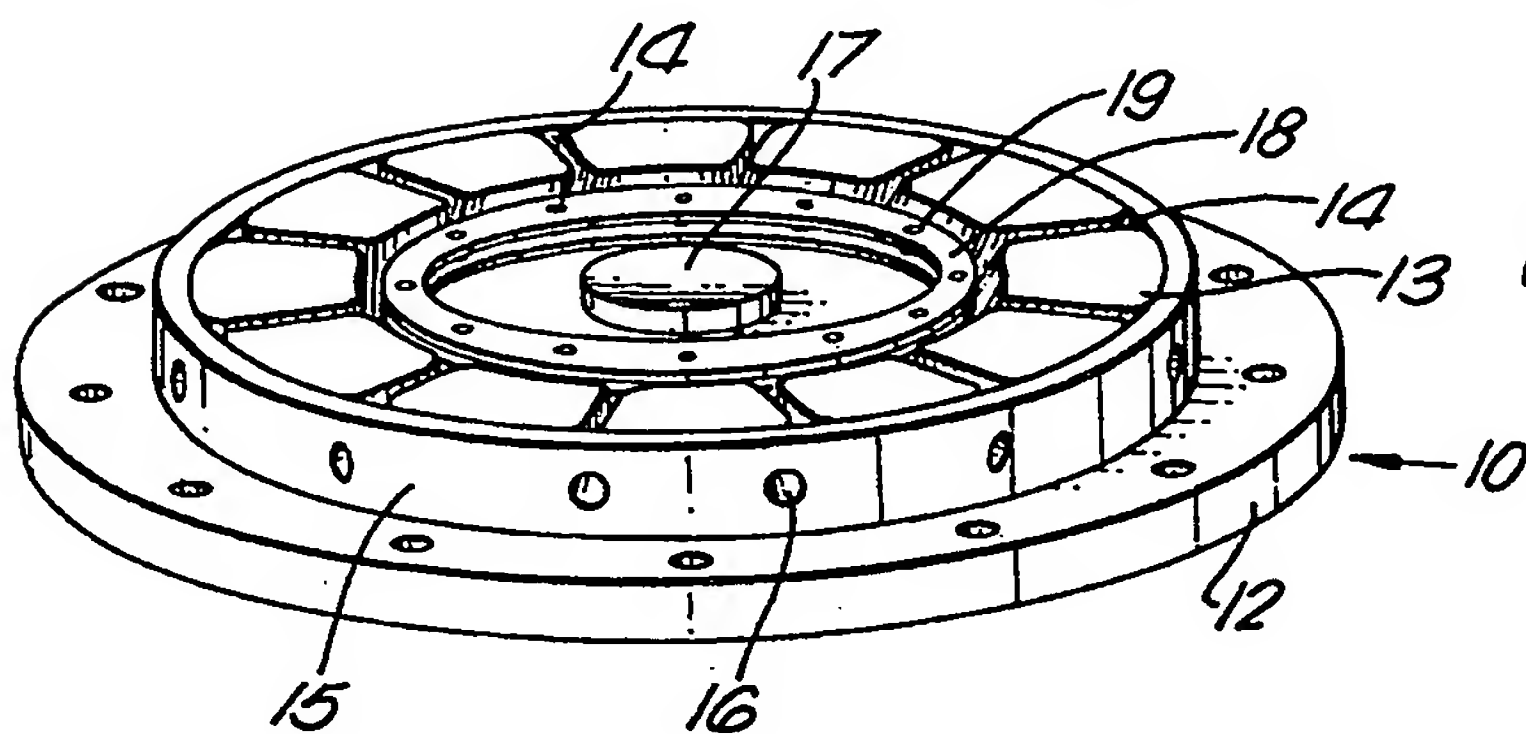


Fig. 3.

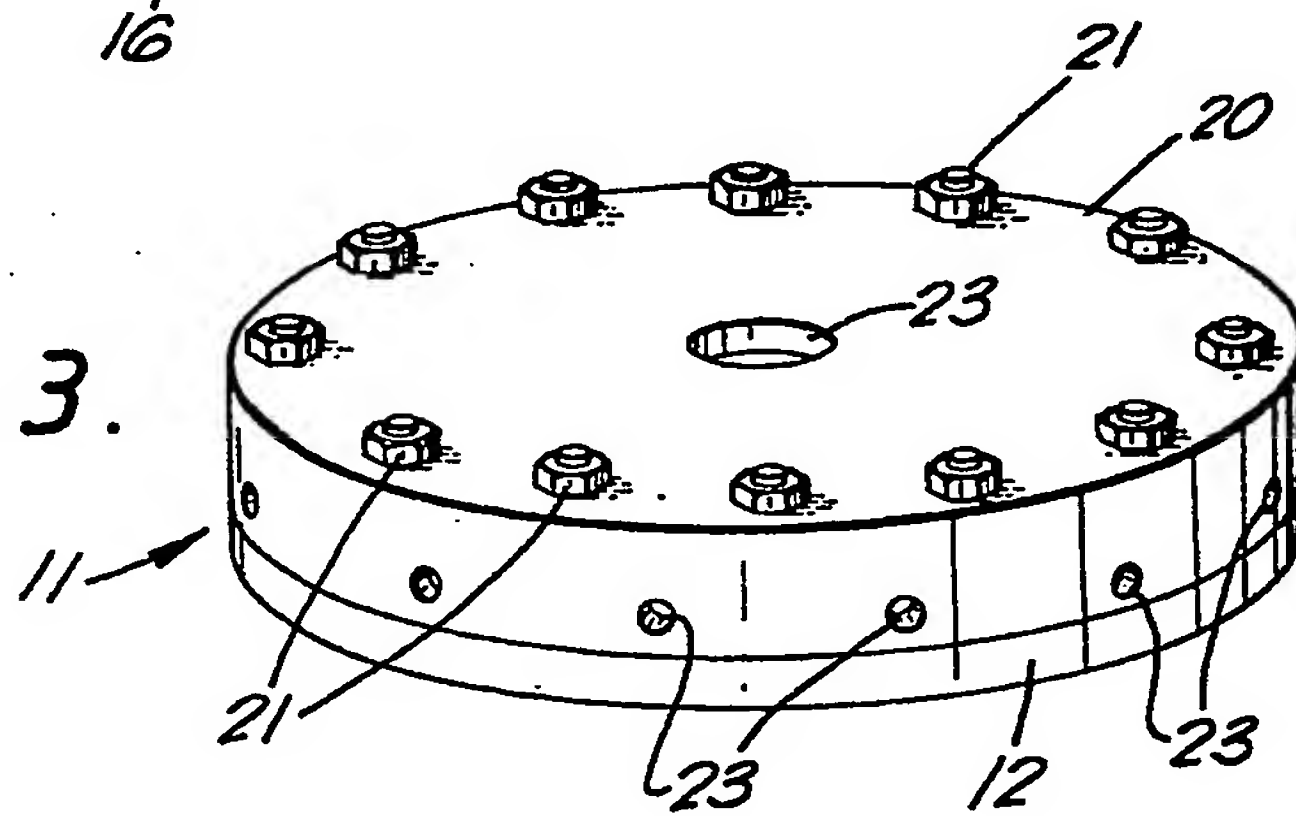
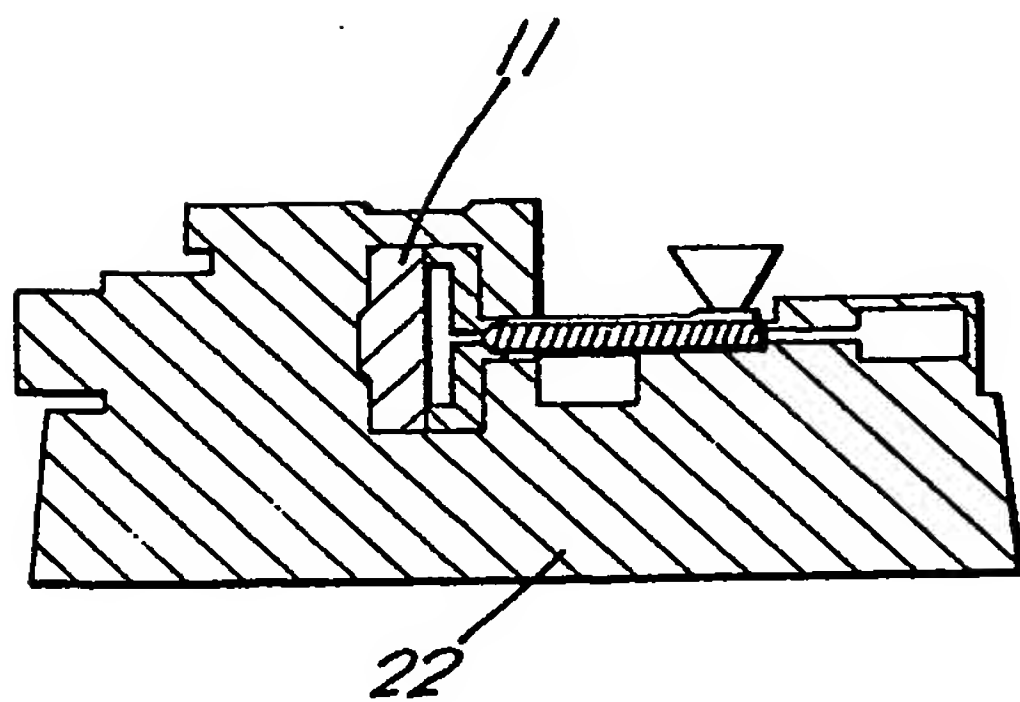


Fig. 4.



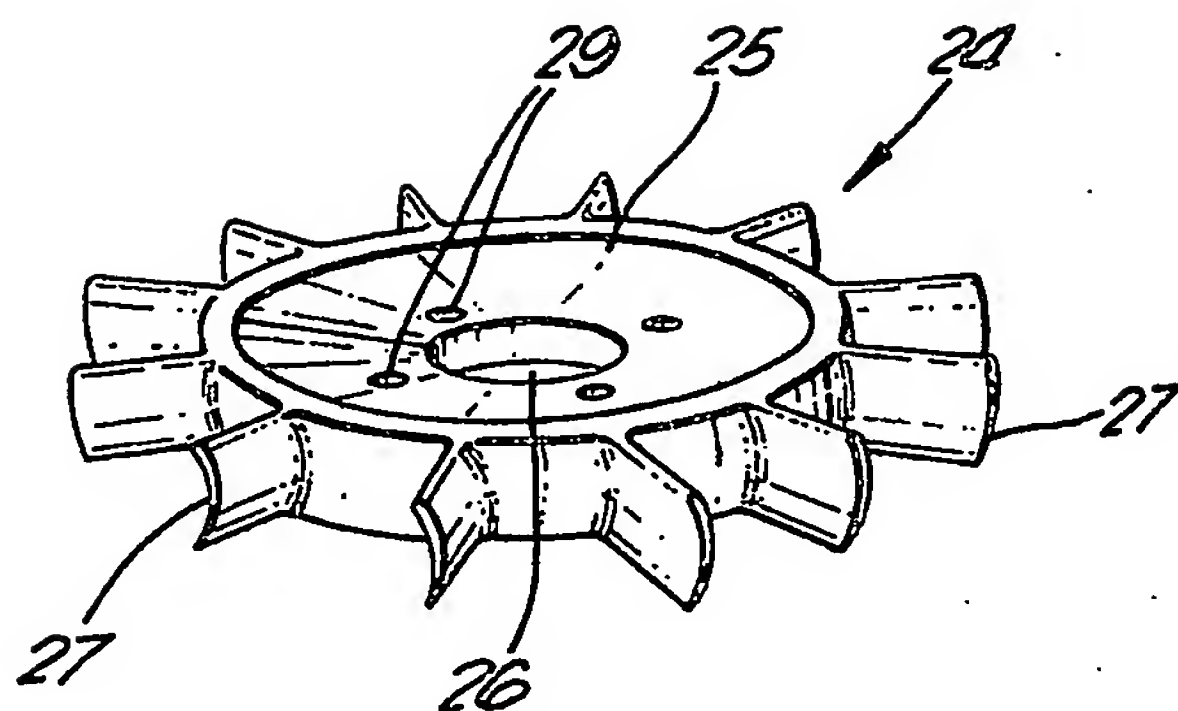


Fig. 5.

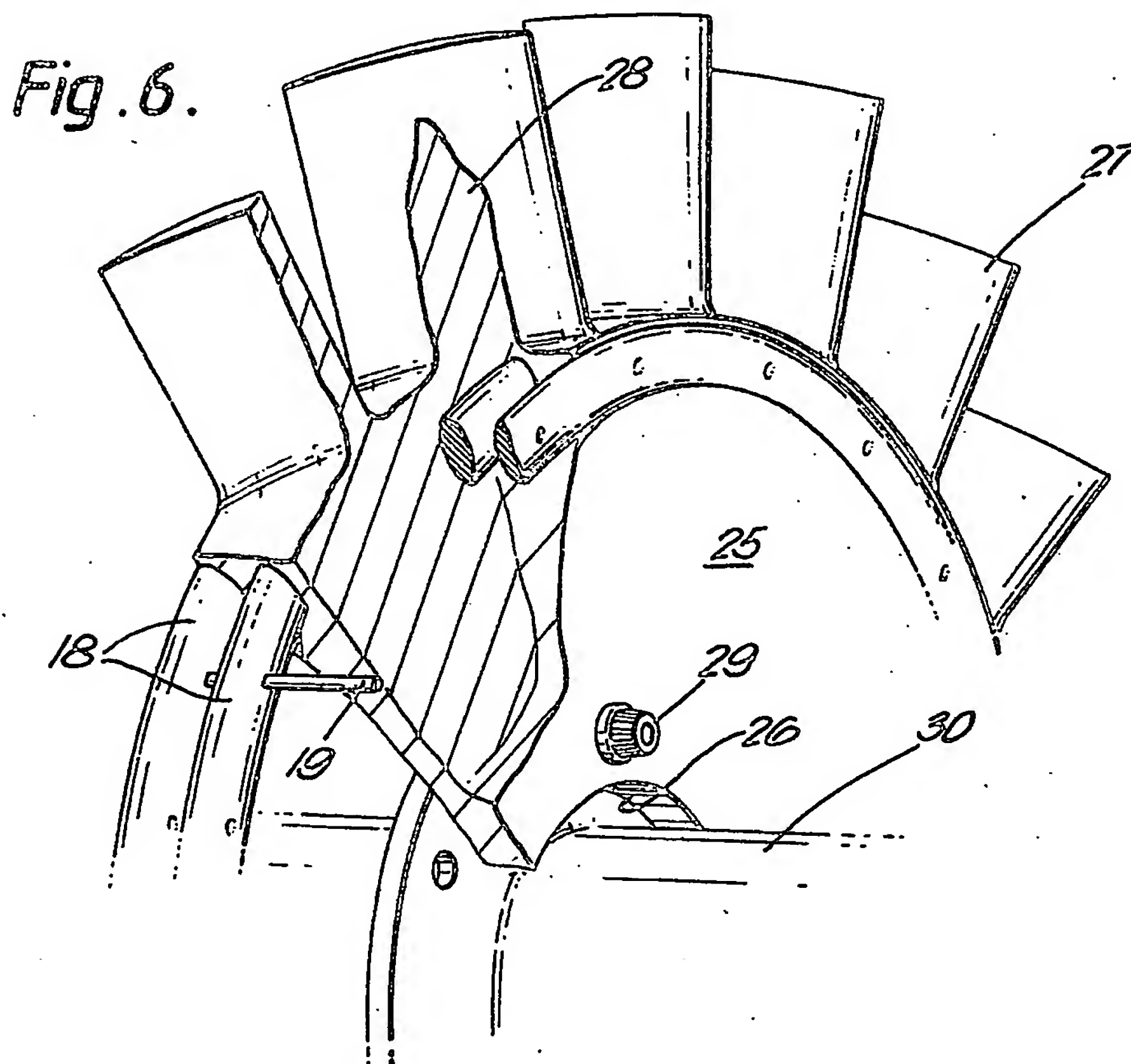


Fig. 6.

Fig. 7.

